

MATLAB 实用指南系列

MATLAB 图形图像

苏金明 王永利 编著

<http://www.phei.com.cn>



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

MATLAB 实用指南系列

MATLAB 图形图像

苏金明 王永利 编著



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书结合 MATLAB 最新版本 7.0 介绍 MATLAB 的图形图像功能, 主要内容包括句柄图形对象, 高级绘图技术, 以及图像处理、虚拟现实和地图制作等 3 个工具箱。第 1 篇介绍句柄图形对象。第 2 篇介绍图形着色、光照、材质、纹理映射、透明性和交互操作等高级绘图技术; 第 3 篇图像处理工具箱, 其内容包括图像合成、几何变换、基于区域的处理、变换域处理、邻域与块操作、数学形态学、图像分析、图像增强、图像恢复和图像配准等。第 4 篇虚拟现实工具箱, 介绍工具箱提供的工具、创建 VRML 模型, 以及在 MATLAB 中用命令进行交互操作等。第 5 篇地图制作工具箱, 介绍地理空间数据、地理空间几何、地图投影、创建和查看地图、创建三维地图、定制地图等。

本书全面介绍 MATLAB 的图形图像能力, 可供对有关内容感兴趣的大学生、研究生和科研技术人员参考。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

MATLAB 图形图像 / 苏金明, 王永利编著. —北京: 电子工业出版社, 2005.11

(MATLAB 实用指南系列)

ISBN 7-121-01819-5

I. M… II. ①苏…②王… III. 图像处理—计算机辅助计算—软件包, MATLAB IV. TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 116435 号

责任编辑: 王昌铭

印 刷: 北京民族印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 26.75 字数: 681 千字

印 次: 2005 年 11 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 42.00 元

凡购买电子工业出版社的图书, 如有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系。联系电话: (010) 68279077。质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

前 言

近年来，国内流行多种科学计算软件。科学计算软件的使用，可以极大地提高科研人员的工作效率，能更快更准确地完成计算方案的设计，并在必要的时候用图形图像表示计算结果和描述运行机制。在数十种科学计算软件中，MATLAB 凭借其数值计算与图形可视化功能的完美结合，以及开放的设计理念，取得了很大的成功。目前，很多学校已经开设了这方面的课程，很多学生已经使用该软件完成论文设计。

我们从 1998 年开始接触 MATLAB，在深入学习和应用的基础上，于 2002 年、2004 年推出过 MATLAB 方面的图书。这些图书普遍受到读者的好评，其中《MATLAB 6.1 实用指南》被多所大学用作教材和教参。基于对 MATLAB 本身的理解和相关内容的积累，以及 MATLAB 目前在国内的发展和现状，经过长时间的酝酿，我们结合最新版本 7.0 编写了这套《MATLAB 实用指南系列》。

《MATLAB 实用指南系列》由《MATLAB 实用教程》、《MATLAB 工程数学》、《MATLAB 信号处理》、《MATLAB 图形图像》和《MATLAB 高级编程》等 5 本图书组成，其结构体系如图 0-1 所示。MATLAB 的主要内容可以概括为数值计算、图形图像和程序设计等 3 个方面。《MATLAB 实用教程》结合大学课程介绍这几个方面的基础和应用知识。其他图书在某个方面进行更深入的探讨。这样，整个系列具有清晰的层次感，并成为有机结合的整体。

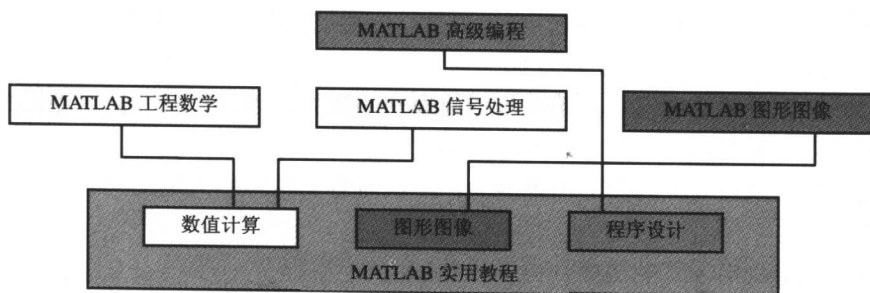


图 0-1 系列图书的结构体系

《MATLAB 实用教程》结合大学数学课程介绍高等数学、线性代数、计算方法、概率论与数理统计、最优化方法和偏微分方程数值解等的 MATLAB 实现方法；介绍 MATLAB 强大的图形功能，包括二维、三维图形的绘制，以及科学计算可视化、计算几何等；介绍 M 文件设计、界面设计、文件操作、编译和接口等程序设计方面的内容。每章安排了习题，便于巩固所学。

《MATLAB 工程数学》介绍几个与工程数学有关的工具箱，包括统计工具箱、最优化工具箱、偏微分方程数值解工具箱、样条工具箱和曲线拟合工具箱等。

《MATLAB 信号处理》介绍与信号处理有关的数字信号处理工具箱、阵列信号处理工具箱、时频分析工具箱和高阶谱分析工具箱。

《MATLAB 图形图像》介绍 MATLAB 图形图像的基础——句柄图形对象，以及图形着色、光照、材质、纹理映射、透明性和交互操作等高级绘图技术，然后介绍图像处理、虚拟

现实和地图制作等几个图形图像方面的工具箱。

《MATLAB 高级编程》由高级编程技术、程序编译、MATLAB 与外部程序接口和高级界面主题等几方面的内容组成，介绍一些非常实用的技术。其中 MATLAB 与外部程序接口包括 MATLAB 与 C/C++、Visual Basic、Visual C++、Excel、SPSS，以及硬件等接口，介绍 COM 生成器、Excel 生成器等接口工具。该书还介绍了 MATLAB 7.0 全新的编译器。

总之，在编写过程中，我们希望在内容上尽可能地全面，既要满足大多数读者入门、应用的需要，又要满足中高级读者进阶的要求；既要有体系地介绍比较基础的知识，又要介绍图形可视化、工具箱内高级算法实现和高级接口技术等这样一些非常有价值、能反映 MATLAB 真实品质的内容。在我们力所能及的范围内，希望大家看到一个真实的 MATLAB。

关于本书

本书在《MATLAB 实用教程》的基础上，进一步介绍 MATLAB 的图形图像功能。主要内容包括句柄图形对象，高级绘图技术，以及图像处理、虚拟现实和地图制作等 3 个工具箱。

第 1~7 章介绍 MATLAB 7.0 的句柄图形对象，这个版本中句柄图形对象的内容和组织都与以前版本的不同。句柄图形对象是 MATLAB 图形图像的基础，熟练掌握，可以更深入地理解 MATLAB 图形，以及更灵活更自由地创建新图形。

第 8~13 章介绍图形着色、光照、材质、纹理映射、透明性和交互操作等高级绘图技术。

第 14~26 章介绍图像处理工具箱，包括图像合成、几何变换、基于区域的处理、变换域处理、邻域与块操作、数学形态学、图像分析、图像增强、图像恢复和图像配准等。

第 27~31 章介绍虚拟现实工具箱。利用工具箱提供的工具，可以创建 VRML 模型，然后可以在 MATLAB 中用命令进行交互操作。

第 32~38 章介绍地图制作工具箱，包括地理空间数据、地理空间几何、地图投影、创建和查看地图、创建三维地图、定制地图等内容。

本书全面介绍 MATLAB 的图形图像能力，可供对有关内容感兴趣的大学生、研究生和科研技术人员参考。

书中部分程序请到电子工业出版社网站下载。

黄国明、周建斌、向喜琼、刘玉珊等提供了帮助，在此对他（她）们表示衷心感谢！

由于水平有限，书中错误和不足之处在所难免，谨请读者批评指正！有任何问题，请通过电子邮件与我们联系：

苏金明 s_jm@263.net.cn

王永利 wangyl@cdut.edu.cn

编者

2005.6.16

目 录

第 1 篇 句柄图形对象

第 1 章 句柄图形对象简介	(2)
1.1 面向对象的思维方式	(2)
1.2 句柄图形对象的组织	(2)
1.2.1 句柄图形对象的层次结构	(2)
1.2.2 句柄图形对象的类型	(3)
1.3 图形窗口——Figure 对象	(3)
1.3.1 用于绘图的图形窗口	(4)
1.3.2 Figure 对象用作 GUI	(4)
1.3.3 Root 对象——Figure 对象的父对象	(4)
1.4 对象的属性	(5)
1.4.1 设置和查询属性值	(5)
1.4.2 默认属性	(7)
1.4.3 示例——设置默认线型	(8)
1.4.4 与窗口锚定有关的属性	(9)
1.4.5 确定图形窗口的位置和大小	(10)
第 2 章 核心图形对象和图形定制	(12)
2.1 核心图形对象简介	(12)
2.1.1 核心图形对象的组织结构	(12)
2.1.2 核心图形对象的简单描述	(12)
2.2 创建核心图形对象	(14)
2.2.1 创建核心图形对象的函数	(15)
2.2.2 创建直线段、多义线和曲线——line 函数	(16)
2.2.3 创建矩形、圆角矩形、椭圆、圆及对应的区域图形——rectangle 函数	(17)
2.2.4 创建多边形——patch 函数	(18)
2.2.5 创建文本——text 函数	(19)
2.2.6 指定父对象	(20)
2.2.7 高级函数和低级函数	(20)
2.2.8 简化的调用语法	(21)
2.3 坐标系属性	(21)
2.3.1 标签和外观属性	(21)
2.3.2 坐标系的位置和大小	(22)
2.3.3 在同一图形窗口中显示多个坐标系	(26)
2.3.4 单个坐标轴的控制	(27)
2.3.5 使用多个 x 轴和 y 轴	(30)

2.4	定制图形	(30)
2.4.1	创建圆弧	(30)
2.4.2	创建面积图	(32)
第 3 章	绘图对象	(33)
3.1	绘图对象简介	(33)
3.2	创建绘图对象	(33)
3.2.1	创建绘图对象的函数	(33)
3.2.2	实例分析	(34)
3.3	其他技巧	(35)
3.3.1	编程识别绘图对象	(35)
3.3.2	连接图形和变量	(35)
3.3.3	保存与 MATLAB 以前版本相兼容的图形	(36)
第 4 章	标注对象	(37)
4.1	标注对象简介	(37)
4.1.1	Arrow 对象类型	(37)
4.1.2	Doublearrow 对象类型	(38)
4.1.3	Ellipse 对象类型	(38)
4.1.4	Line 对象类型	(38)
4.1.5	Rectangle 对象类型	(38)
4.1.6	Textarrow 对象类型	(39)
4.1.7	Textbox 对象类型	(40)
4.2	创建标注对象	(41)
第 5 章	组对象	(43)
5.1	组对象简介	(43)
5.1.1	两个组对象	(43)
5.1.2	组对象的属性	(43)
5.2	创建组对象	(44)
5.2.1	创建 Hgroup 对象	(45)
5.2.2	创建 Hgtransform 对象	(45)
第 6 章	GUI 对象	(51)
6.1	创建基本控件	(51)
6.2	创建菜单	(52)
6.3	弹出式菜单	(52)
6.4	按钮组控件	(53)
6.5	创建面板控件	(53)
6.6	工具栏	(56)
第 7 章	句柄图形对象的操作和控制	(58)
7.1	句柄操作	(58)
7.1.1	获取对象句柄	(58)
7.1.2	当前图形、坐标轴和对象	(58)
7.1.3	用属性值查找对象——findobj 函数	(59)
7.1.4	复制对象	(61)

7.1.5 删除对象	(62)
7.2 句柄图形对象的回调	(63)
7.2.1 图形对象的回调属性	(63)
7.2.2 函数句柄回调	(63)
7.3 句柄图形的视图控制	(64)
7.3.1 指定图形输出的目标区域	(64)
7.3.2 设置图形窗口和坐标系	(64)
7.3.3 测试保持 (Hold) 绘图状态	(66)
7.3.4 防止 Figure 和 Axes 对象成为绘图目标区域	(67)
7.3.5 关闭请求函数	(68)

第 2 篇 高级绘图技术

第 8 章 图形着色	(70)
8.1 网格图、刻面图和曲面图的着色	(70)
8.1.1 主要的着色技术	(70)
8.1.2 颜色查找表	(70)
8.1.3 索引着色表面——直接映射和比例化映射	(74)
8.1.4 示例——表面曲率向颜色映射	(74)
8.1.5 真彩色表面	(75)
8.1.6 纹理映射	(76)
8.2 多边形模型的着色	(77)
8.2.1 面片只有 1 个小面的情况	(77)
8.2.2 面片有多个小面的情况	(78)
8.2.3 控制面片着色的属性	(80)
8.2.4 面片边的着色	(80)
第 9 章 光照与材质	(81)
9.1 Light 对象	(81)
9.2 光照命令	(81)
9.3 给场景添加光照	(83)
9.4 影响光照效果的属性	(84)
9.5 光照算法	(84)
9.6 图形对象的反射特性——材质	(85)
9.6.1 镜面反射和漫反射	(85)
9.6.2 环境光	(85)
9.6.3 镜面反射指数	(86)
9.6.4 镜面反射光的颜色	(86)
9.6.5 背面光照	(86)
9.6.6 material 函数	(88)
9.6.7 一个例子	(88)
第 10 章 透明性	(90)
10.1 使对象透明	(90)
10.1.1 alpha 值	(90)

10.1.2	与透明性相关的属性和函数	(90)
10.2	指定一个单独的透明度值	(93)
10.3	将数据映射给透明度	(94)
10.3.1	alpha 数据数组的大小	(94)
10.3.2	将 alpha 数据映射到 alpha 查找表	(94)
10.3.3	示例——将数据映射到颜色或透明度	(95)
10.4	选择一个 alpha 查找表	(95)
第 11 章	交互操作	(98)
11.1	橡皮线技术	(98)
11.1.1	鼠标操作	(98)
11.1.2	绘制橡皮线	(99)
11.1.3	绘制橡皮矩形	(101)
11.1.4	移动矩形	(102)
11.2	视点和相机	(103)
11.2.1	用方位角和仰角设置视点	(103)
11.2.2	一个重要的交互工具——相机	(104)
11.3	用相机工具条进行场景空间变换	(105)
11.3.1	相机工具条	(105)
11.3.2	交换主轴	(105)
11.3.3	盘旋	(106)
11.3.4	平移	(107)
11.3.5	缩放	(108)
11.3.6	滚动	(109)
11.3.7	漫游	(110)
11.4	用相机相关函数实现场景空间变换	(110)
11.4.1	低级相机属性	(110)
11.4.2	相机相关函数	(111)
11.4.3	示例——平移图像	(119)
11.5	投影	(120)
11.5.1	正交投影和透视投影	(120)
11.5.2	投影类型和相机位置	(121)
11.5.3	坐标轴方向上的显示比率	(122)
11.6	子体积	(124)
11.7	体包围盒	(125)
第 12 章	科学计算可视化	(126)
12.1	沿场景移动相机	(126)
12.2	飞越快照显示	(128)
12.3	用剖面面板察看体	(129)
12.4	等值面和等帽盖	(132)
12.4.1	等值面	(132)
12.4.2	等帽盖	(133)

12.5	指定流图中流线的起点	(134)
12.5.1	确定起点	(135)
12.5.2	指定起点坐标数组	(135)
12.6	矢量数据的流线图	(136)
12.7	用流带显示卷曲	(138)
12.8	用流管显示差异	(140)
12.9	创建流沙动画	(142)
12.10	用流锥图表示矢量场	(144)
第 13 章	LOD 编程	(148)
13.1	LOD 简介	(148)
13.2	减面	(148)
13.3	减元素	(149)
13.4	缩面	(150)
13.5	实现 LOD	(151)

第 3 篇 图像处理工具箱

第 14 章	图像处理工具箱简介	(154)
14.1	图像类型	(154)
14.1.1	索引图像	(154)
14.1.2	灰度图像	(155)
14.1.3	二值图像	(155)
14.1.4	RGB 图像	(156)
14.1.5	图像类型转换	(157)
14.2	图像数据	(158)
14.2.1	图像的数据保存类型	(158)
14.2.2	读写图像数据	(159)
14.2.3	读写 DICOM 文件	(162)
第 15 章	显示图像	(165)
15.1	用图像查看器显示图像	(165)
15.2	用 imshow 函数显示图像	(167)
15.2.1	打开图像	(167)
15.2.2	指定图像的初始大小	(167)
15.2.3	查看多幅图像	(168)
15.2.4	理解句柄图形对象的属性设置	(169)
15.3	显示不同类型的图像	(169)
15.3.1	显示索引图像	(169)
15.3.2	显示灰度图像	(170)
15.3.3	显示二值图像	(171)
15.3.4	显示 RGB 图像	(172)
15.4	特殊显示技巧	(172)
15.4.1	添加颜色条	(173)
15.4.2	一次显示多帧图像的所有帧	(173)

15.4.3	将多帧图像转换为动画	(174)
15.4.4	纹理映射	(174)
15.5	打印图像	(175)
15.6	设置图像显示的参数选项	(175)
第 16 章	颜色和坐标	(176)
16.1	颜色	(176)
16.1.1	屏幕位深	(176)
16.1.2	减少图像中的颜色种数	(177)
16.2	坐标系统	(180)
16.2.1	像素坐标	(180)
16.2.2	空间坐标	(181)
第 17 章	图像合成	(183)
17.1	代数运算	(183)
17.1.1	图像加运算	(183)
17.1.2	图像减运算	(184)
17.1.3	图像乘运算	(185)
17.1.4	图像除运算	(186)
17.1.5	嵌套调用图像运算函数	(186)
17.2	逻辑运算	(186)
第 18 章	空间变换	(188)
18.1	插值	(188)
18.2	图像缩放	(189)
18.2.1	指定输出图像的大小	(189)
18.2.2	指定插值方法	(189)
18.2.3	用滤波器防止走样	(190)
18.3	旋转图像	(190)
18.3.1	指定插值方法	(190)
18.3.2	指定输出图像的大小	(191)
18.4	图像裁剪	(191)
18.5	进行一般的空间变换	(191)
第 19 章	邻域和块处理	(193)
19.1	块处理操作	(193)
19.2	滑动邻域操作	(193)
19.3	分离块操作	(195)
19.4	列处理	(196)
19.4.1	滑动邻域操作	(197)
19.4.2	分离块操作	(197)
第 20 章	基于区域的处理	(199)
20.1	指定目标区域	(199)
20.1.1	选择多边形	(199)
20.1.2	其他选择方法	(199)

20.2	对区域进行滤波	(200)
20.3	填充区域	(201)
第 21 章	变换域处理	(202)
21.1	傅里叶变换	(202)
21.1.1	傅里叶变换的定义	(202)
21.1.2	离散傅里叶变换	(203)
21.1.3	傅里叶变换的应用	(205)
21.2	离散余弦变换	(207)
21.2.1	DCT 变换矩阵	(208)
21.2.2	DCT 和图像压缩	(208)
21.3	Radon 变换	(209)
21.3.1	概念	(209)
21.3.2	使用 Radon 变换来发现线形影像	(211)
21.3.3	逆 Radon 变换	(212)
21.3.4	利用投影数据重建图像	(213)
21.4	扇形光束投影数据	(214)
21.4.1	计算扇形光束投影数据	(214)
21.4.2	用扇形光束投影数据重建图像	(215)
第 22 章	数学形态学	(218)
22.1	膨胀和腐蚀	(218)
22.1.1	理解膨胀和腐蚀	(218)
22.1.2	结构元素	(219)
22.1.3	处理图像边缘的像素	(221)
22.1.4	膨胀图像	(222)
22.1.5	腐蚀图像	(223)
22.1.6	组合膨胀和腐蚀	(224)
22.1.7	开运算	(225)
22.1.8	闭运算	(226)
22.1.9	骨架提取	(226)
22.1.10	边缘检测	(227)
22.1.11	击中击不中	(228)
22.1.12	top-hat 和 bottom-hat 滤波	(228)
22.2	数学形态学重建	(229)
22.2.1	Marker 图像和 Mask 图像	(229)
22.2.2	像素连通性	(231)
22.2.3	填充操作	(232)
22.2.4	寻找峰和谷	(234)
22.3	距离变换	(238)
22.3.1	bwdist 函数	(238)
22.3.2	图像分割	(240)
22.4	对象、区域和特征度量	(243)
22.4.1	连接组分的标注	(243)

22.4.2	查看标注矩阵	(244)
22.4.3	计算二值图像中前景的面积	(244)
22.4.4	计算二值图像中的欧拉数	(245)
22.5	查找表	(245)
第 23 章	图像分析	(247)
23.1	像素值和统计量	(247)
23.1.1	像素选择	(247)
23.1.2	灰度轮廓	(248)
23.1.3	图形等值线	(249)
23.1.4	图像直方图	(250)
23.1.5	综述统计量	(251)
23.1.6	区域属性度量	(251)
23.2	分析图像	(251)
23.2.1	边缘检测	(251)
23.2.2	边界跟踪	(252)
23.2.3	Hough 变换	(254)
23.2.4	四叉树分解	(256)
23.3	纹理分析	(256)
23.3.1	纹理滤波函数	(257)
23.3.2	灰度级别共生矩阵 (GLCM)	(258)
第 24 章	图像增强	(262)
24.1	灰度调整	(262)
24.1.1	将灰度值调整到一个指定的范围	(262)
24.1.2	直方均等化	(265)
24.1.3	有限对比适应性直方均等化	(266)
24.1.4	去相关拉伸	(266)
24.2	去噪	(268)
24.2.1	线性滤波	(268)
24.2.2	中值滤波	(274)
24.2.3	自适应滤波	(275)
第 25 章	图像配准	(276)
25.1	配准图像的一般过程	(276)
25.1.1	点映射	(276)
25.1.2	示例——将数字航空照片配准成数字正色投影照片	(276)
25.2	支持的变换类型	(278)
25.3	选择控制点	(279)
第 26 章	图像恢复	(285)
26.1	理解图像恢复	(285)
26.1.1	影响图像质量的原因	(285)
26.1.2	图像恢复模型	(285)
26.2	用函数恢复图像	(286)
26.2.1	用 Wiener 滤波器进行恢复	(286)

26.2.2	用正则滤波器进行恢复	(287)
26.2.3	用 Lucy-Richardson 算法进行恢复	(288)
26.2.4	用盲去卷积算法进行恢复	(289)
26.3	避免在恢复后的图像中出现跳跃效应	(292)

第 4 篇 虚拟现实工具箱

第 27 章	虚拟现实工具箱简介	(294)
27.1	虚拟现实工具箱的特点	(294)
27.2	VRML 支持	(294)
27.3	MATLAB 接口	(295)
27.4	Simulink 接口	(295)
27.5	VRML 查看器	(295)
27.6	VRML 编辑器	(295)
第 28 章	VRML 与 V-Realm 编辑器	(296)
28.1	VRML 语言	(296)
28.1.1	VRML 的历史	(296)
28.1.2	VRML 坐标系统	(296)
28.1.3	VRML 数据类型	(297)
28.1.4	VRML 编辑工具	(299)
28.1.5	VRML 文件格式	(299)
28.2	V-Realm 编辑器	(300)
28.2.1	VRML 编辑工具	(300)
28.2.2	V-Realm 编辑器的安装	(301)
28.2.3	设置虚拟场景的默认编辑器	(301)
28.2.4	V-Realm 编辑器的界面环境	(303)
28.2.5	用 V-Realm 编辑器创建虚拟场景	(304)
28.2.6	用 V-Realm 编辑器编辑虚拟场景	(306)
第 29 章	MATLAB 与虚拟世界进行交互	(308)
29.1	显示虚拟世界	(308)
29.1.1	VRML 查看器	(308)
29.1.2	网络浏览器	(308)
29.2	与虚拟世界交互	(310)
29.2.1	创建虚拟现实工具箱对象	(310)
29.2.2	使用 MATLAB 接口	(311)
第 30 章	虚拟现实工具箱中的对象	(315)
30.1	vrworld 对象	(315)
30.1.1	vrworld 对象的属性	(315)
30.1.2	vrworld 对象的方法	(315)
30.2	vrnode 对象	(316)
30.2.1	vrnode 对象的属性	(316)
30.2.2	vrnode 对象的方法	(316)

30.3	vrfigure 对象	(316)
30.3.1	vrfigure 对象的属性	(316)
30.3.2	vrfigure 对象的方法	(317)
第 31 章	虚拟现实工具箱中的函数	(318)
31.1	vrclear 函数	(318)
31.2	vrclose 函数	(318)
31.3	vrdrawnow 函数	(319)
31.4	vrgetpref 函数	(319)
31.5	vrinstall 函数	(320)
31.6	vrlib 函数	(321)
31.7	vrsetpref 函数	(321)
31.8	vrview 函数	(322)
31.9	vrwho 函数	(322)
31.10	vrwhos 函数	(322)

第 5 篇 地图制作工具箱

第 32 章	地图制作工具箱简介	(324)
32.1	创建底图	(324)
32.2	在底图上显示数据	(328)
32.3	导入高分辨率地图集数据	(329)
32.4	地理计算	(331)
第 33 章	地理空间数据	(332)
33.1	地图数据	(332)
33.1.1	矢量数据	(332)
33.1.2	栅格数据	(333)
33.2	操作矢量数据	(335)
33.2.1	重新组装矢量对象	(336)
33.2.2	匹配直线段	(337)
33.2.3	地理插值	(337)
33.2.4	矢量相交	(338)
33.2.5	多边形的面积	(339)
33.2.6	通过布尔操作叠加多边形	(339)
33.2.7	生成缓冲区	(341)
33.3	操作栅格数据	(342)
33.3.1	矢量数据和栅格数据的转换	(342)
33.3.2	用 GUI 光栅化多边形	(343)
33.3.3	路径上的数据网格值	(344)
第 34 章	地理空间几何	(346)
34.1	球体、椭球体和地球体	(346)
34.1.1	地球体和椭球体	(346)
34.1.2	椭球体矢量	(346)

34.2	纬度和经度	(348)
34.3	大圆、恒向线和小圆	(348)
34.3.1	大圆	(348)
34.3.2	恒向线	(349)
34.3.3	小圆	(349)
34.4	球体或椭球体上的角度和方向	(349)
34.4.1	定位——前向问题	(349)
34.4.2	计算跟踪路径——大圆和恒向线	(350)
34.4.3	距离、方位角和反方位角(反向问题)	(350)
34.4.4	计算方位角和仰角	(351)
34.5	历年的行星数据	(352)
34.6	计算球面四边形的面积	(353)
第 35 章	地图投影	(354)
35.1	地图投影的定量属性	(354)
35.2	几何表面	(355)
35.2.1	柱面投影	(355)
35.2.2	锥面投影	(355)
35.2.3	方位投影	(355)
35.3	投影方位	(356)
35.3.1	origin 矢量	(356)
35.3.2	坐标转换	(358)
35.4	投影计算	(360)
35.5	使用球面投影	(362)
35.6	使用 UTM 投影	(363)
35.7	投影类型综述	(366)
第 36 章	创建和查看地图	(368)
36.1	地图制作简介	(368)
36.1.1	用 worldmap 和 usamap 函数显示简单的地图	(368)
36.1.2	坐标	(369)
36.1.3	在投影类型之间转换	(371)
36.2	用地图制作工具箱函数显示矢量数据	(372)
36.2.1	把矢量地图显示成直线对象	(372)
36.2.2	把矢量地图显示成面片	(373)
第 37 章	制作三维地图	(376)
37.1	地形数据源	(376)
37.1.1	源于 NIMA 的数字地形高程	(376)
37.1.2	源于 USGS 的数字高程模型 (DEM) 文件	(376)
37.1.3	确定区域内存在什么高程数据	(376)
37.2	交互读取高程数据	(379)
37.3	确定整个地形上的可见性并进行显示	(382)
37.4	给地形图添加阴影和光照	(383)

37.4.1	给 DTED 文件创建的地形图添加光照	(383)
37.4.2	用 lightm 函数和 lightmui 工具给世界地形图添加光照	(385)
37.4.3	给地貌添加阴影	(386)
37.4.4	给阴影地貌图着色并作三维显示	(388)
37.4.5	用光照对象照亮彩色三维地貌图	(389)
37.5	在高程地图上叠加数据	(390)
37.5.1	在地形图上叠加大地水准面高度	(390)
37.5.2	在地形图上叠加不同的网格数据	(391)
37.6	球体显示操作	(393)
37.6.1	在球体显示中使用透明性	(394)
37.6.2	用相机定位函数进行水平三维视图	(395)
37.6.3	显示一个旋转的地球	(395)
第 38 章	定制地图	(398)
38.1	插入地图	(398)
38.2	图形比例尺	(399)
38.3	指北针	(399)
38.4	主题图	(400)
38.4.1	地区分布图	(401)
38.4.2	杆状图	(403)
38.4.3	等值线图	(403)
38.4.4	散点图	(403)
38.4.5	三角化数据点	(404)
38.4.6	矢量图	(405)
38.5	使用颜色查找表和色条	(406)
38.5.1	地形数据的颜色查找表	(406)
38.5.2	等值线颜色查找表	(406)
38.5.3	政区图的颜色查找表	(407)
38.5.4	标注和编辑色条	(408)
参考文献	(410)